壹 水稻

一 因應氣候變遷之水稻精準育種 ✍李長沛

(一) 強化水稻抗褐飛蝨育種平台

褐飛蝨 (*Nilaparvata lugens* Stål; brown planthopper, BPH) 為國內危害水稻的主要害蟲之一，隨著氣旋由鄰近國家遷徙至臺灣，為增進國內品種對不同來源褐飛蝨族群的抵抗性，藉由適當育種方式及抗性基因分子標誌輔助選拔，導入多種抗BPH基因至推廣品種，以增進栽培品種抗褐飛蝨的遺傳變異及廣幅抗性。已建立‘台農71號’、‘台南11號’背景下帶有5個抗性基因近同源系，包含對臺灣不同地區收集的BPH族群具有抗性之*O. nivara*的*Bph31* (t)、*O. officinalis*而來的*bph2*, *Bph12*, *Bph15*，秈型地方品種‘Ptb33’的*Bph3*。另外，評估由IRRI開發IR24為背景的12個近同源系，利用臺灣不同地區的BPH族群進行檢測，結果顯示堆疊2個抗性基因的NIL (*BPH9+32*, *BPH18+32*) 對3種飛蝨族群具有高度抗性，且發現4個有效的抗性基因 (*BPH9*，*BPH17*，*BPH18*和*BPH32*) 具有抗不同地區褐飛蝨族群的潛力，已設計相關標誌並持續導入至已堆疊5個*BPH*抗性基因的個體上。藉由已建立的多重抗性基因近同源系，除選育對褐飛蝨具廣幅抗性新品種外，配合已建立的DNA分子標誌篩選技術，提供改進優良品種抗多種褐飛蝨族群的育種平台。

(二) 水稻耐熱性篩選及分子標誌輔助育種

水稻第一期作生育後期容易因高溫障礙影響穀粒的充實及稻米品質，而第二期作則容易發生秧苗受高溫危害的現象，持續影響生育期間的分蘗，最後導致產量的損失。為因應全球暖化的高溫對水稻造成的衝擊，本所已建立可以篩選大量品系的耐熱篩選圃，作為篩選及評估水稻生育後期耐熱性篩選平台，也建立秧苗期高溫湛水下的秧苗期篩選技術，透過分子標誌輔助選拔技術導入高溫忍受性基因至推廣品種。在生育後期高溫耐熱性篩選方面，已篩選超過1,300份水稻遺傳資源，並導入N22耐熱性基因*qHT4.1*至推廣品種，在高溫處理下，比輪迴親提升稔實6%-10%的稔實率，同時建立野生稻*O. officinalis*的早開花基因*EMF3*連鎖標誌以及來自*O. glaberrima*的秧苗期耐高溫基因*TT1*，並篩選出相關的種原。透過建立的篩選平台、篩選出的耐熱性種原以及分子標誌輔助育種將持續改進臺灣水稻推廣品種之耐熱性。

二 精進稻作栽培管理技術之研究 吳東鴻

本研究首次量化移植體系下農民耕作樣態，預期可因地制宜強化各地區雜草稻管理效益。針對受訪者的水稻生產系統、各期作間的雜草管理操作以及對雜草型紅米防除研究的期待與推廣需求，從17個縣市中收集408件耕作問卷。來自南部地區的受訪者最多 (123件)，主要採取連作2次水稻，除草劑與人工除草均為2次，但連作間都採取乾耕犁進行整地，促使落粒稻種維持在土壤種子庫中，混雜率高達0.49%；有114件受訪者在山區或部分沿岸地區，常施行第二期作休耕且不進行人工除草作業，亦為採乾耕犁，其混雜率仍為0.38%；然103件位居北部地區的受訪者，雖各施用1次除草劑與人工除草，主要採用濕耕犁，有助控制其混雜率降至0.32%。顯見收穫後採取濕耕犁可減少翻埋落粒稻種，紅米危害嚴重的田區，移植後施用2次萌前除草劑防治自生苗，並依據農民的需求，提供雜草稻辨識講習以及經濟危害資訊，提高農民對於雜草稻辨識能力，以加強人工除草的效果。

三 智慧生產技術之開發與推播

賴明信、吳東鴻

(一) 以株高動態發育模式對‘台農71號’控管倒伏風險

利用株高與倒伏及產量、米質等性狀之相關性比較，可量化農民多年來的管理經驗，輔以空拍影像分析技術快速取得早期株高發育訊息，進而預測倒伏機率，再經由肥料的控制或水分的管理來達到智慧化的生產與風險控管。結果顯示，水分與肥料管理對倒伏率具有極顯著交感效應，氮肥施用分別在慣行管理下超過120 kg，或乾濕交替管理下超過160 kg，將發生高於10%的倒伏率；而倒伏率與收穫期各生育性狀中的相關性分析，又以株高的相關性最高，可達0.76。回溯株高發育曲線，在2次追肥後，約插秧後40 d (分櫱盛期) 倒伏率與株高即具高度相關性 (0.83)，若該時期株高大於60.5 cm ± 2.6 cm且持續投施高肥 (超過160 kg氮肥) 下，依其株高發育趨勢則可見未來發生倒伏之機率明顯提升。此外，倒伏率與產量、米質及食味均呈現負相關 (-0.94)，高肥管理使得植株高度容易超過104.5 cm，趨向高倒伏率，並造成白米之蛋白質含量增加，使米質及食味下降，雙雙導致產量減損與品質驟降。

(二) 褐飛蝨智能化監測與警示系統

「褐飛蝨智能化監測與警示系統」是結合智慧機械開發、物聯網、巨量資料及AI雲端運算等技術，由褐飛蝨影像資料庫、褐飛蝨影像辨識核心系統、手機取像自拍棒及使用者介面等4個部分組成，是提供一般農民使用操作的系統。使用者介面包括網頁版與邊緣裝置端APP版本，農民下載APP後，利用手機相機功能進行取像，上傳至google cloud platform雲端，後端影像辨識軟體核心將依照辨別的褐飛蝨數量，以綠、黃、紅危害等級呈現，並回饋顯示在google map的田地位置上；網頁版則可單次上傳數張照片，結果並在網頁中呈現。農民使用此系統，可以輕鬆監測田區的褐飛蝨數量密度，同時決斷是否要進行防治；也可將防治效果搭配系

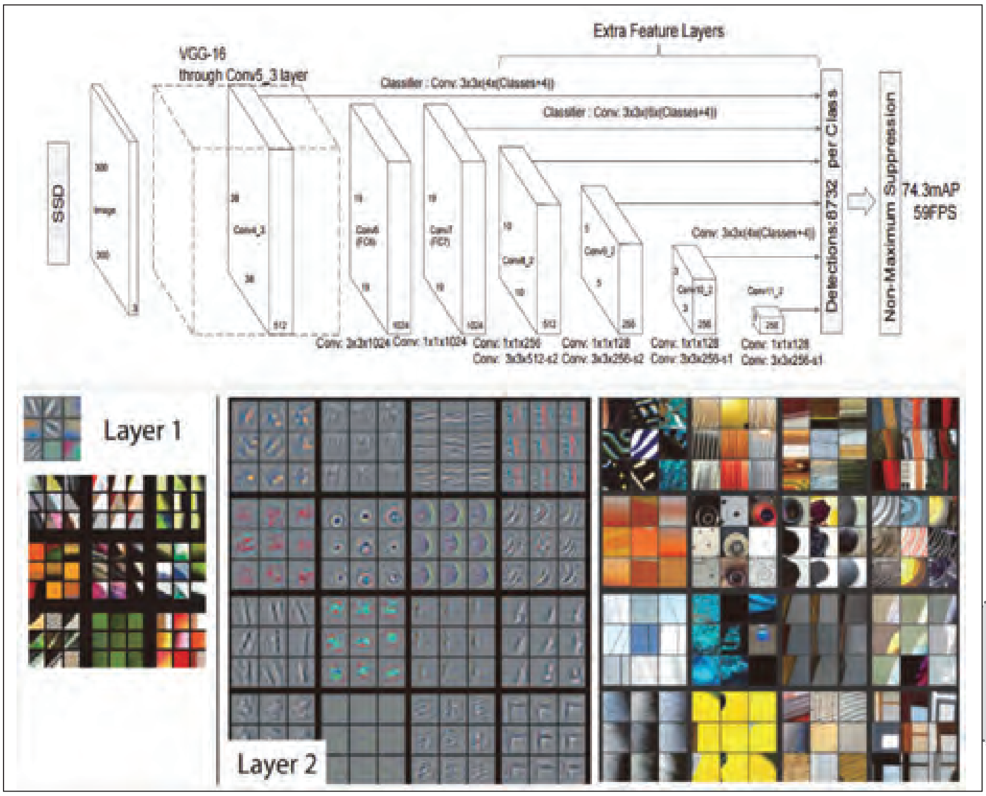

圖1-1. 利用AI編撰褐飛蝨影像辨識核心系統

統褐飛蝨量化數據，累積客製化的防治成效經驗。政府農業部門則可以彙整各地褐飛蝨族群密度的即時資訊，掌握全國褐飛蝨流行分布趨勢，即時發布預警以提醒農民適時防治。

四 耐逆境優質稻之開發

吳永培、廖大經、黃守宏、杜昆育、周思儀

(一) 分子標誌輔助耐淹水基因*Sub1*導入耐旱粳稻

以具耐淹水特性之秈稻品種IR96321-315-240為貢獻親，導入具耐旱特性品系DT3 ('台稉9號'背景)，透過分子標誌輔助回交育種將耐淹水*Sub1A*基因導入DT3中。在BC$_2$F$_1$、BC$_3$F$_1$及BC$_3$F$_2$世代均利用分子標誌對耐淹水基因*Sub1A*進行輔助前景選拔，搭配秧苗期淹水及PEG6000水溶液模擬秧苗期淹水及乾旱逆境進行選拔。結果顯示，各品系BC$_3$F$_2$世代具與輪迴親的遺傳相似度介於84.7%-99.55%，平均值為92.87%。109年篩選出4個耐淹水耐旱品系，SU39、SU40、SU89及SU92。4個品系耐淹水等級為2.3-3.7，稍高於貢獻親之1.0，優於DT3之7.0；在品系乾旱試驗中，SU40抗旱性優於DT3，其餘3個品系與DT3相當；就農藝特性調查，SU92產量優於輪迴親，產量潛力可達7,669 kg·ha^{-1}，餘3個品系與輪迴親相當。4個品系食味質皆表現優良，兩期作之

味度值分別介於80.5-87.5及60.5-62.1 (DT3為83.5及58.6)。另發現4個品系均保留貢獻親之稻熱病抗性。由上述結果顯示已成功利用分子標誌輔助，將耐淹水特性導入耐旱稉稻DT3中，獲選品系已高度回復輪迴親之遺傳背景，具耐淹水、耐旱、農藝性狀良好且米質優良之特色。

(二) 耐逆境良質水稻之開發與研究

以‘台農81號’、‘台農82號’、‘台農84號’、‘桃園3號’、‘台稉16號’為核心親本，於一期作建立36個雜交或回交F_1組合、培育12個F_2族群、18個F_3族群、22個F_4族群、174個觀察品系、61個初級產量試驗品系及19個高級產量試驗品系；二期作則建立23個雜交或回交F_1組合、培育14個F_2族群、20個F_3族群、18個F_4族群、117個觀察品系、66個初級產量試驗品系及19個高級產量試驗品系，最後選出嘉農育1082036參加區域試驗。另以‘台農82號’抗白葉枯病近同源系 (105BB15) 為核心親本，與‘台農82號’回交3次後，一期作選出16個品系，二期作再選出6個品系，其中4個品系帶*Xa4*、*Xa5*、*Xa7*、*Xa13*、*Xa21*等5個抗病基因，各品系稻熱病抗性均呈現R級，僅1092Xa6呈9級極感反應；褐飛蝨抗性除1092Xa1及1092Xa6分別呈中抗反應，其餘呈R級反應；味度值介於76-79，略低於‘台農82號’的82。‘台農81號’、‘台農84號’、‘桃園3號’及‘台稉16號’回交組合分別選出56、14、118及67個品系，二期作再依據抗白葉枯病基因型進行選拔，分別選出20、4、27、24個至少帶抗白葉枯病基因*Xa21*之品系，將進一步調查品系產量，評估其實際栽培價值。

(三) 水稻高溫逆境下篩選平台建置

因應氣候變遷下高溫逆境對於稻米品質劣化的影響，藉由延後插秧技術建置水稻成熟期高溫篩選平台，以篩選耐高溫水稻種原，做為未來水稻耐高溫育種之材料或直接推廣栽培利用。109年第一期作以85個國內外水稻品種 (系) 為對象，分別於慣行 (1月14日) 與延後 (3月19日) 時期插秧。比較兩次插秧時期之榖粒充實期平均積溫及大於26℃平均積溫，第2次插秧較第1次插秧平均積溫增加96℃·d，大於26℃平均積溫增加47.5℃·d，顯示第2次插秧榖粒充實期遭遇高強度的高溫逆境。目前初步選獲4個完整米率在90%以上，而米粒白粉質率在10%以下，具有耐高溫逆境潛力之品種。本研究設置之水稻成熟期高溫檢定圃，可穩定有效鑑別品種是否具有耐高溫特性，較傳統利用人工氣候室更接近當地自然環境條件，具實用價值。

五 建立水稻花粉活力檢測方法

夏奇鈮

水稻之稔實率及米質會受到高溫影響而下降，水稻生育過程中以開花當日之花粉對高溫最為敏感，本研究以‘台南11號’ (TN11) 稉稻與耐熱之 ‘Nagina 22’ (N22) 秈稻開花當日之花粉為材料，針對花粉萌發培養基之重要成分逐項進行濃度測試，結果顯示培養基以含有22.5%蔗糖並添加60 mg·L^{-1}硼酸與200 mg·L^{-1}碳酸鈣可得到最高之花粉萌發率，分別為N22之76.0%與TN11之78.7%。比較3種細胞染劑Fluorescein diacetate (FDA)、2,3,5-

氯化三苯基四氮唑 (TTC) 與碘化鉀 (I_2-KI) 溶液對水稻花粉之染色率，結果顯示以TTC之染色率最低，而以FDA之染色率與花粉萌發率較接近。比較花粉萌發培養、FDA染色及電阻抗式流式細胞儀 (Impedance Flow Cytometer，IFC) 3種花粉活力檢測方法，結果顯示兩品種之IFC檢測結果與花粉萌發率及FDA染色率皆無明顯差異 (表1-1)。將2品種之花粉以25-45℃溫度處理後以IFC檢測花粉活力之變化，結果顯示TN11隨著溫度上升花粉活力快速下降 (表1-2)；N22在25-30℃間花粉活力無明顯變化，在40℃時花粉活力仍有42.0%，顯示兩品種之花粉對於高溫之耐受性有明顯差異 (表1-3)。

表1-1. 兩水稻品種以3種花粉檢測方法比較其花粉活力

Method	Germination rate & Staining ratio (%)	
	Nagina 22	Tainan 11
Germination Culture	62.7 ± 2.1 b[z]	65.7 ± 6.4 a
FDA Staining	73.3 ± 4.2 a	71.7 ± 2.3 a
IFC analyze	69.2 ± 3.4 ab	73.6 ± 1.9 a

[z] Means with different letters in the same column are significantly different (*P* < 0.05) by LSD test.

表1-2. 水稻'台南11號'以電阻抗式流式細胞儀 (impedance flow cytometer) 檢測經不同溫度處理15 min後之花粉活力表現

Temperature	Tainan 11		
	Dead (%)	Non-viable (%)	Viable (%)
25℃	18.52 ± 2.21 d[z]	4.73 ± 0.21 c	76.75 ± 2.42 a
30℃	26.58 ± 3.12 cd	8.35 ± 2.89 c	65.08 ± 6.01 a
35℃	35.68 ± 6.19 bc	32.00 ± 11.24 ab	32.33 ± 17.43 b
40℃	38.01 ± 3.95 bc	44.51 ± 3.46 a	17.49 ± 7.4 bc
45℃	44.59 ± 5.37 b	41.77 ± 0.95 a	13.65 ± 4.41 bc
100℃	79.50 ± 12.92 a	18.17 ± 10.46 bc	2.34 ± 2.46 c

[z] Means with different letters in the same column are significantly different (*P* < 0.05) by LSD test.

表1-3. 水稻'Nagina 22'以電阻抗式流式細胞儀 (impedance flow cytometer) 檢測經不同溫度處理15 min後之花粉活力表現

Temperature	Nagina 22		
	Dead (%)	Non-viable (%)	Viable (%)
25℃	20.10 ± 3.80 c[z]	1.98 ± 1.15 a	77.93 ± 4.94 a
30℃	21.62 ± 3.99 c	4.79 ± 0.89 a	73.59 ± 3.1 a
35℃	23.53 ± 3.00 c	16.96 ± 19.16 a	59.52 ± 16.16 ab
40℃	26.31 ± 1.71 c	31.67 ± 31.77 a	42.03 ± 30.06 ab
45℃	40.45 ± 5.02 b	38.55 ± 14.91 a	21.01 ± 19.93 bc
100℃	91.62 ± 7.74 a	7.69 ± 7.08 a	0.70 ± 0.66 c

[z] Means with different letters in the same column are significantly different (*P* < 0.05) by LSD test.